

# Algoritmos Paralelos sobre Arquitecturas Multicluster y GRID

**Armando E. De Giusti, R. Marcelo Naiouf, Laura C. De Giusti, Franco Chichizola, Mónica Denham, Ismael Rodríguez, Adrián Pousa, José E. Pettoruti, Diego Montezanti, Diego Encinas, Luciano Iglesias, Horacio Villagarcía Wanza, Marina Iglesias**

**Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)**

**Facultad de Informática – UNLP**

{degiusti, mnaiouf, ldgiusti, francoc, mdenham, ismael, apousa, josep, dmontezanti, dencinas, li, hvw, miglesias}  
@lidi.info.unlp.edu.ar,

## CONTEXTO

Esta línea de Investigación forma parte de dos de los Subproyectos dentro del Proyecto “Sistemas Distribuidos y Paralelos” acreditado por la UNLP y de proyectos específicos apoyados por CyTED, CIC, Agencia, IBM, Telefónica y Fundación YPF.

## RESUMEN

Esta línea de I/D se enfoca en la especificación, desarrollo y evaluación de algoritmos paralelos sobre arquitecturas multicluster y su evolución a GRID.

Los temas fundamentales se relacionan con la implementación de algoritmos paralelos sobre arquitecturas distribuidas débilmente acopladas, la utilización de middleware de grid como soporte para el uso de esquemas multicluster y el desarrollo de modelos de predicción de performance para estas arquitecturas.

En este proyecto cooperan otras 3 Universidades Nacionales de Argentina (UN Comahue, UN Sur, UN San Luis) y se está trabajando con la red de Universidades iberoamericanas del proyecto CyTED “Tecnología grid como motor de desarrollo regional”.

**Keywords:** *Algoritmos Paralelos. Cluster, Multicluster y Grid. Grid Middleware. Modelización de arquitecturas distribuidas.*

## 1. INTRODUCCION

La investigación en Sistemas Distribuidos y Paralelos es una de las líneas de mayor desarrollo en la Ciencia Informática actual [1], [2], [3]. En particular la utilización de arquitecturas como clusters, multiclusters y grid, comunicadas vía mensajes y soportadas por redes de diferentes características y topologías se ha generalizado, tanto para el desarrollo de algoritmos paralelos como para el de servicios WEB distribuidos [4], [5].

### 1.1 Algunas definiciones

Un *cluster* es un tipo de sistema de procesamiento paralelo compuesto por un conjunto de computadoras interconectadas vía algún tipo de red, las cuales cooperan configurando un recurso que se ve como “único e integrado”, más allá de la distribución física de sus componentes. Cada procesador puede tener diferente hardware y sistema operativo [6]. Actualmente existen numerosas áreas de aplicación para los clusters tales como el cómputo científico, los sistemas industriales de tiempo real, e-commerce, servicios WEB, sistemas militares o aplicaciones de seguridad crítica como el control de reactores nucleares.

Cuando se conectan dos o más clusters sobre una red tipo LAN o WAN, se configura un *multicluster*. Diferentes variantes de multicluster se obtienen si todos los clusters están sobre una misma red o enlazan diferentes redes; si el soporte

de sistema operativo es común a todos los componentes; si cada cluster es homogéneo o heterogéneo; si la red de comunicaciones tiene un ancho de banda fijo entre nodos o es variable (típico de una WAN utilizando Internet) y si cada cluster está dedicado a la aplicación definida para el multicluster o la comparte con otras tareas [7] [8]. Naturalmente la configuración más simple a considerar es la conexión de clusters homogéneos sobre una red LAN o WAN, utilizando un sistema operativo común [9]. Un *Grid* es un tipo de sistema distribuido /paralelo que permite seleccionar, compartir e integrar recursos autónomos geográficamente distribuidos que pueden ser computadoras, software, bases de datos, instrumentos, dispositivos especiales y recursos humanos. Un Grid es una configuración colaborativa que se puede adaptar dinámicamente según lo requerido por el usuario, la disponibilidad y potencia de cómputo de los recursos conectados. [10]. De hecho a partir de una infraestructura de Grid “real” se pueden configurar varios sistemas “virtuales” que atienden requerimientos de diferentes usuarios.

Otra definición de Grid es la de “entorno de procesamiento virtual”, donde el usuario tiene la visión de un sistema de procesamiento “único” y en realidad trabaja con recursos dispersos geográficamente. [11].

Algunas características de un entorno Grid son [12]:

- Los recursos y servicios pueden incorporarse y retirarse dinámicamente del Grid.
- Los recursos son heterogéneos, distribuidos geográficamente y normalmente conectados vía WAN.
- Los recursos son accesibles “on-demand” por un conjunto de usuarios autorizados que conforman una comunidad virtual.
- Se configura utilizando equipamiento de propósito general y protocolos estandar. Un objetivo es alcanzar un nivel definido de calidad de servicio.

Algunos autores consideran que un Grid es un “*Cluster de Clusters*”, lo que resulta una definición algo restrictiva pero útil para el desarrollo de un proyecto que evolucione aplicaciones paralelas de Clusters a Grid.

## 1.2 Algunas Similitudes y Diferencias

- En un cluster normalmente se configura una única máquina paralela virtual que puede estar ejecutando una aplicación dedicada. Un Grid permite configurar múltiples máquinas paralelas virtuales para varios usuarios/aplicaciones simultáneas.
- Tanto clusters como Grids se basan en procesadores heterogéneos. Sin embargo en Grid esta heterogeneidad se extiende a la red de comunicaciones y al tipo de componentes en cada nodo que pueden ser procesadores, instrumentos, sensores, etc.
- El middleware necesario para Grid es más complejo que el de los clusters. Fundamentalmente, para configurar la máquina paralela virtual es necesario una etapa de identificación de recursos físicos y su ubicación. Además en el Grid es necesario monitorear la ejecución de tareas sobre múltiples máquinas virtuales con usuarios de diferente nivel y con distintos derechos de acceso a los recursos.
- Asimismo las herramientas para el desarrollo de aplicaciones requieren un mayor nivel de abstracción en Grid, por la complejidad y variedad de los múltiples usuarios que pueden utilizar la arquitectura.[13]

Es interesante notar que una estructura de multicluster, visualizada como un *número limitado de clusters dedicados que cooperan en una única aplicación paralela*, es un punto intermedio entre clusters y Grid y requerirá algunos servicios especiales en su middleware (especialmente para autenticar derechos de usuarios que acceden a recursos remotos).

### **1.3 Algoritmos Paralelos sobre arquitecturas multicluster y Grid.**

El desarrollo de algoritmos paralelos sobre arquitecturas débilmente acopladas y geográficamente distribuidas como multiclusters y Grid presenta nuevos desafíos, entre los que pueden mencionarse:

- La heterogeneidad de las comunicaciones y su costo variable según los nodos a conectar dificulta la asignación óptima de tareas a procesadores y el balance dinámico de la carga.
- Los modelos para predicción de performance son complejos y agregan la incertidumbre del ancho de banda efectivo en el caso de emplear Internet.
- La granularidad óptima a emplear depende de la relación entre potencia de cómputo local y remota. Muchas veces la configuración efectiva de los nodos remotos a utilizar no es conocida a priori.
- De mínima se requiere un soporte de middleware para la autenticación de los usuarios y de los recursos remotos a utilizar.
- El modelo cliente-servidor (paradigma muy empleado en algoritmos paralelos sobre clusters) se torna ineficiente al incrementar el número de nodos. Esto requiere la reformulación de algoritmos que ejecutan sobre clusters.
- Las herramientas de software más generalizadas en clusters (ej. MPI o PVM) tienen restricciones al tratar de emplearlas en topologías que conectan diferentes redes.

## **2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO**

- Sistemas distribuidos y paralelos. Cluster, multicluster y grid. Caracterización de performance.

- Algoritmos paralelos. Ajuste de los algoritmos al modelo de arquitectura. Optimización de algoritmos.
- Lenguajes para procesamiento paralelo en sistemas distribuidos. Bibliotecas de comunicaciones.
- Paradigmas de programación paralela sobre sistemas distribuidos.
- Análisis (teórico y práctico) de los problemas de migración y asignación óptima de procesos y datos a procesadores. Métricas de paralelismo.
- Modelos de predicción de performance en arquitecturas multicluster y grid.
- Modelos de administración de recursos en arquitecturas paralelas distribuidas.
- Caracterización de rendimiento de cómputo y de las comunicaciones en clusters e interclusters.
- Optimización de algoritmos sobre multiclusters heterogéneos.
- Scheduling de recursos en grid.
- Seguridad en grid.
- Portales WEB orientados a servicios grid.
- Análisis y ajuste dinámico de rendimiento en configuraciones grid.
- Aplicaciones de simulación paramétrica en problemas ambientales sobre grid.
- Aplicaciones de tratamiento de imágenes y reconstrucción 3D sobre grid.
- Migración de algoritmos paralelos a hardware.

## **3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS**

- ✓ Formar recursos humanos en los temas de sistemas distribuidos y paralelos, incluyendo tesis de postgrado.
- ✓ Modelizar el comportamiento de clusters y multiclusters homogéneos y heterogéneos, sobre redes LAN y WAN.
- ✓ Estructurar un GRID vinculando Universidades del país y del exterior (en curso).

- ✓ Proporcionar una o un conjunto reducido de métricas que describan satisfactoriamente el rendimiento de cómputo paralelo en clusters, multiclusters y grid (sujeto a restricciones). (en desarrollo)
- ✓ Desarrollar primitivas de comunicaciones orientadas a cómputo paralelo en multicluster. Combinar estos desarrollos con el soporte de middleware existente (por ej. en Globus). [14]
- ✓ Desarrollar aplicaciones sobre cluster, multicluster y grid evaluando los modelos desarrollados de predicción de performance.
- ✓ Investigar aplicaciones concretas de simulación paramétrica sobre Grid.
- ✓ Investigar la especificación e implementación de WEB services eficientes sobre grid.

#### 4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

En esta línea de I/D existe cooperación a nivel nacional e internacional. Hay 4 Investigadores realizando su Doctorado en Argentina y 1 en el exterior. Asimismo 3 alumnos avanzados están trabajando en su Tesina de Grado de Licenciatura.

En cooperación con las Universidades miembros del proyecto CyTED "Tecnología Grid como motor de desarrollo regional" se ha implementado una Especialización en Cómputo de Altas Prestaciones y Tecnología Grid que se inicia en 2007 en la UNLP.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

1. Grama A, Gupta A, Karypis G, Kumar V. "Introduction to parallel computing". Second Edition. Pearson Addison Wesley, 2003.
2. Jordan H, Alagband G. "Fundamentals of parallel computing". Prentice Hall, 2002.

3. Dongarra J, Foster I, Fox G, Gropp W, Kennedy K, Torczon L, White A. "The Sourcebook of Parallel Computing". Morgan Kaufman Publishers. Elsevier Science, 2003.
4. Z. Juhasz (Editor), P. Kacsuk (Editor), D. Kranzlmuller (Editor). "Distributed and Parallel Systems: Cluster and Grid Computing" (The International Series in Engineering and Computer Science). Springer; 1 edition (September 21, 2004).
5. Di Stefano M. "Distributed data management for Grid Computing". John Wiley & Sons Inc (29 Jul 2005).
6. Grid Computing and Distributed Systems (GRIDS) Laboratory - Department of Computer Science and Software Engineering (University of Melbourne). "Cluster and Grid Computing". 2007.  
<http://www.cs.mu.oz.au/678/>.
7. CSM23 Grid Computing:  
<http://www.computing.surrey.ac.uk/courses/csm23>.
8. A. E. De Giusti. "Tutorial Grid Computing". June 2006.
9. T. Anderson, D. Culler, D. Patterson, NOW Team. "A Case for NOW (Networks of Workstations)". IEEE Micro, 15(1), 1995, pp. 54-64.
10. Joseph J., Fellenstein C. "Grid Computing". On Demand Series. IBM Press. 2003.
11. Foster I., Kesselman C., Kaufmann M. "The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure". The Morgan Kaufmann Series in Computer Architecture and Design. 2 edition (November 18, 2003).
12. Berman F., Fox G., Hey A. "Grid Computing: Making The Global Infrastructure a Reality". John Wiley & Sons (April 8, 2003).
13. Grid Computing Infocentre:  
<http://www.gridcomputing.com/>
14. The Globus Alliance: <http://www.globus.org/>